

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

Docket No.: 2336-254

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of

Sun Woon KIM et al.

U.S. Patent Application No.

Filed: *Herewith*

:  
:  
:  
:  
:  
:

Examiner: *Not Yet Assigned*

For: FABRICATION METHOD OF NITRIDE SEMICONDUCTORS AND NITRIDE  
SEMICONDUCTOR STRUCTURE FABRICATED THEREBY

**CLAIM OF PRIORITY AND**  
**TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119, Applicant hereby claims, in the present application, the priority of Korea Patent Application No. 2003-0094308, filed December 20, 2003. The certified copy is submitted herewith.

Respectfully submitted,

**LOWE HAUPTMAN GILMAN & BERNER, LLP**

Benjamin J. Hauptman  
Registration No. 29,310

1700 Diagonal Road, Suite 310  
Alexandria, Virginia 22314  
(703) 684-1111 BJH/ayh  
Facsimile: (703) 518-5499  
Date: March 23, 2004



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto  
is a true copy from the records of the Korean Intellectual  
Property Office.

출원 번호 : 10-2003-0094308  
Application Number

출원 년 월 일 : 2003년 12월 20일  
Date of Application DEC 20, 2003

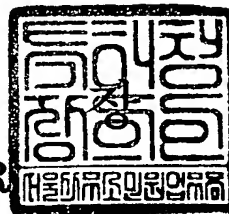
출원인 : 삼성전기주식회사  
Applicant(s) SAMSUNG ELECTRO-MECHANICS CO., LTD.



2004 년 02 월 27 일

특 허 청

COMMISSIONER



【서지사항】

【서류명】 특허출원서  
【권리구분】 특허  
【수신처】 특허청장  
【참조번호】 0001  
【제출일자】 2003.12.20  
【국제특허분류】 H01L  
【발명의 명칭】 질화물 반도체 제조방법 및 그에 따라 제조된 질화물 반도체구조  
【발명의 영문명칭】 FABRICATION METHOD OF NITRIDE SEMICONDUCTOR AND NITRIDE SEMICONDUCTOR STRUCTURE FABRICATED THEREBY  
【출원인】  
    【명칭】 삼성전기 주식회사  
    【출원인코드】 1-1998-001806-4  
【대리인】  
    【명칭】 특허법인씨엔에스  
    【대리인코드】 9-2003-100065-1  
    【지정된변리사】 손원 , 이건철  
    【포괄위임등록번호】 2003-045784-9  
【발명자】  
    【성명의 국문표기】 김선운  
    【성명의 영문표기】 KIM,Sun Woon  
    【주민등록번호】 740510-1113916  
    【우편번호】 150-989  
    【주소】 서울특별시 영등포구 영등포동8가 76-1번지 삼환아파트 106동 1203호  
    【국적】 KR  
【발명자】  
    【성명의 국문표기】 김인응  
    【성명의 영문표기】 KIM,In Eung  
    【주민등록번호】 560421-1029618  
    【우편번호】 463-020  
    【주소】 경기도 성남시 분당구 수내동 벽산아파트 105-201  
    【국적】 KR

【발명자】

【성명의 국문표기】 함헌주  
【성명의 영문표기】 HAHM, Hun Joo  
【주민등록번호】 651202-1009425  
【우편번호】 463-480  
【주소】 경기도 성남시 분당구 금곡동 청솔주공아파트 508-303  
【국적】 KR

【발명자】

【성명의 국문표기】 이수민  
【성명의 영문표기】 LEE, Soo Min  
【주민등록번호】 720609-1030811  
【우편번호】 133-806  
【주소】 서울특별시 성동구 금호동3가 863 연립주택 103호  
【국적】 KR

【발명자】

【성명의 국문표기】 김동준  
【성명의 영문표기】 KIM, Dong Joon  
【주민등록번호】 730523-1055311  
【우편번호】 135-270  
【주소】 서울특별시 강남구 도곡동 91-5 도곡삼성래미안 109-1604  
【국적】 KR

【발명자】

【성명의 국문표기】 김제원  
【성명의 영문표기】 KIM, Je Won  
【주민등록번호】 680510-1703215  
【우편번호】 137-784  
【주소】 서울특별시 서초구 우면동 코오롱아파트 102동 208호  
【국적】 KR

【심사청구】

청구

【취지】

특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인  
특허법인씨엔에스 (인)

【수수료】

【기본출원료】	20	면	29,000	원
【가산출원료】	1	면	1,000	원
【우선권주장료】	0	건	0	원
【심사청구료】	13	항	525,000	원
【합계】	555,000 원			
【첨부서류】	1. 요약서·명세서(도면)_1통			

**【요약서】****【요약】**

MOCVD 반응기 내에서 질화물 반도체를 제조하는 방법이 개시된다. 먼저, 상기 MOCVD 반응기 내벽에 질화갈륨(GaN)을 증착시킨 다음 사파이어 기판을 상기 MOCVD 반응기 안에 장입한다. 상기 사파이어 기판을 가열하고 식각 가스와 암모니아( $\text{NH}_3$ )를 포함하는 혼합 가스를 상기 MOCVD 반응기 안에 주입한다.  $\text{NH}_3$  가스를 상기 MOCVD 반응기 안에 주입한다. 상기 질소화된 기판 표면에 질화물 반도체층을 성장시킨다. 따라서, 저온 버퍼층을 형성하지 않고도 MOCVD를 이용하여 사파이어 기판을 표면 개질하고 그 위에 질화물 반도체층을 성장시킴으로써 우수한 질화물 반도체 구조를 얻을 수 있다. 이때, 사파이어 기판의 상면은 식각되면서 GaN가 증착되기 때문에 이 상부에 GaN 반도체층이 효과적으로 성장할 수 있다.

**【대표도】**

도 1

**【색인어】**

질화물 반도체, 질화갈륨, 표면 개질, 식각, 증착, 질소화, 경계층

【명세서】

【발명의 명칭】

질화물 반도체 제조방법 및 그에 따라 제조된 질화물 반도체 구조{FABRICATION METHOD OF NITRIDE SEMICONDUCTOR AND NITRIDE SEMICONDUCTOR STRUCTURE FABRICATED THEREBY}

【도면의 간단한 설명】

도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 질화물 반도체 제조방법의 순서도이다.

도 2는 본 발명의 제2 실시예에 따른 질화물 반도체 제조방법의 순서도이다.

도 3은 본 발명에 따라 표면 처리한 사파이어 기판의 단면도이다.

도 4는 도 3의 AFM 사진이다.

도 5는 본 발명에 따라 도 3의 사파이어 기판에 질화물 반도체층을 성장시킨 질화물 반도체 구조의 단면도이다.

도 6은 종래기술에 따라 표면 처리한 사파이어 기판의 단면도이다.

도 7은 본 발명에 따른 반도체 구조의 사진이다.

도 8은 종래기술에 따라 사파이어 기판에 질소화만 수행한 반도체 구조의 사진이다.

도 9는 종래기술에 따라 사파이어 기판을 염화수소(HCl)로 식각한 반도체 구조의 사진이다.



【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

- <10> 본 발명은 질화물 반도체에 관한 것이며, 더 구체적으로는 저온 버퍼층을 형성하지 않고도 MOCVD(Metal-Organic Chemical Vapor Deposition: 유기금속화학증착법)을 이용하여 사파이어 기판을 표면 개질하고 그 위에 질화물 반도체층을 성장시킬 수 있는 질화물 반도체 제조 방법 및 그에 따른 질화물 반도체 구조에 관한 것이다.
- <11> 발광다이오드 즉 LED(Light-Emitting Diode)는 기본적으로 p형과 n형 반도체의 접합으로 이루어져, 전압을 가하면 전자와 정공의 결합으로 밴드갭(band gap)에 해당하는 에너지를 빛으로 방출하는 일종의 광전자소자(optoelectric devide)이다. 근래 발광다이오드는 질화갈륨(GaN)계 화합물을 이용하여 청색, 녹색 및 자외선을 방출하는 풀 컬러 구현이 가능해 졌다.
- <12> 하지만, GaN막을 사파이어( $Al_2O_3$ ) 기판 위에 성장할 경우 사파이어와 GaN 사이의 격자 상수 차이가 커서 잘 젖지 않아 즉 결합성(wettability)이 불량하기 때문에 이들 사이에 불투명한 막이 형성된다.
- <13> 이와 같은 문제를 해결하기 위한 방법이 “*질화갈륨계 화합물 반도체의 결정성장방법 (Crystal Growth Method for Gallium Nitride-Based Compound Semiconductor)*”이라는 명칭의 미국특허 제5290393호에 개시되어 있다. 상기 기술은 500℃의 저온에서 GaN, AlN 및 InN 계열의 질화물 반도체를 버퍼층으로 성장시킨 후 고온에서 GaN막을 성장시키는 것을 제안하고 있다.

- <14> 먼저, 저온에서 20 내지 30nm의 두께로 성장된 GaN 버퍼층의 경우 다결정으로 존재하거나 부분적으로 준안정 상태인 입방정상으로 존재한다. 저온 버퍼층 성장후 고온으로 온도를 상승시키면 결정화가 일어나기 시작하여 부분적으로 안정상태인 육방정상으로 상변태가 이루어지고 표면 형태(morphology)도 그에 따라 섬을 형성하면서 거칠게 변형된다. 이 버퍼층 위에 고온의 GaN막을 성장시키면 섬 형태의 저온 버퍼층이 합체(coalescence)되면서 이차원 성장이 이루어지고 고품질의 GaN막이 성장된다.
- <15> 하지만 상기 방법은 합체가 이루어질 때 적층결함(stacking fault) 및 실전위(threading dislocation)와 같은 결함이 표면에 형성되는 단점이 있다.
- <16> 또한, “*GaN막 제조방법(Growth Method of Gallium Nitride Film)*”이라는 명칭의 대한민국공개특허공보 특2000-0055374호 및 이를 우선권으로 하는 미국특허 제6528394호에서는 수소화물기상에피택시법 즉 HVPE(Hydride Vapor Phase Epitaxy)을 이용한 GaN막 성장 방법을 제안하고 있다.
- <17> 이 문헌에 따르면, 저온 버퍼층을 사용하지 않고, 1차 질소화, 암모니아( $\text{NH}_3$ )와 염화수소( $\text{HCl}$ ) 가스를 이용한 전처리 및 2차 질소화를 실시한 후에, 이어서 고온에서 GaN 막을 성장함으로써 양질의 GaN막이 성장되었다. 이 “질소화(nitridation)”라는 용어는 사파이어 기판에 암모니아 가스를 흘려주어 사파이어 표면에 AlN 등의 얇은 층을 형성하게 되는 것을 의미하며, 강제로 GaN 버퍼층을 형성하는 것은 아니다.
- <18> 하지만, HVPE의 경우 GaN막의 성장률이 매우 높아서, GaN막을 사파이어 기판에 100 내지  $200\mu\text{m}$  정도의 두께로 비교적 두껍게 성장시킬 때에는 유리하지만, 발광다이오드와 같이 GaN막의 두께가 3 내지  $5\mu\text{m}$ 로 비교적 얇게 요구되는 경우 두께 조절이 어렵고 품질을 일정 정도 이상 확보하기가 어렵다는 단점이 있다.

<19> 또한, HVPE은 도핑되지 않은 GaN막 또는 n형 GaN막을 형성에는 유용하지만, GaN막이 성장된 사파이어 기판에 발광다이오드를 구성하는 활성층(active region) 및 p형 GaN막 등을 형성하기 위해서는 해당 기판을 다시 유기금속화학증착(Metal-Organic Chemical Vapor Deposition) 장치에 장입해야 한다는 단점이 있다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<20> 따라서 본 발명은 전술한 종래 기술의 문제를 해결하기 위해 안출된 것으로, 본 발명의 목적은 저온 버퍼층을 형성하지 않고도 MOCVD(Metal-Organic Chemical Vapor Deposition: 유기금속화학증착법)를 이용하여 사파이어 기판을 표면 개질 하고 그 위에 질화물 반도체층을 성장시킬 수 있는 질화물 반도체 제조 방법을 제공하는 것이다.

<21> 본 발명의 다른 목적은 저온 버퍼층을 형성하지 않고도 MOCVD를 이용하여 사파이어 기판에 질화물 반도체층을 성장시킨 질화물 반도체 구조를 제공하는 것이다.

【발명의 구성 및 작용】

<22> 전술한 본 발명의 목적을 달성하기 위한 본 발명의 특징에 따르면, MOCVD(Metal-Organic Chemical Vapor Deposition: 유기금속화학증착) 반응기 내에서 질화물 반도체를 제조하는 방법이 제공된다. 상기 질화물 반도체 제조방법은

<23> (가) 상기 MOCVD 반응기 내벽에 질화갈륨(GaN)을 증착시키는 단계;

<24> (나) 사파이어 기판을 상기 MOCVD 반응기 안에 장입하는 단계;

- <25> (다) 상기 사파이어 기판을 가열하고 식각 가스를 상기 MOCVD 반응기 안에 주입하는 단계; 및
- <26> (라) 암모니아( $\text{NH}_3$ ) 가스를 상기 MOCVD 반응기 안에 주입하는 단계를 포함한다.
- <27> 상기 질화물 반도체 제조방법에 있어서, 상기 (다) 단계는 상기 사파이어 표면을 불규칙하게 식각하고 상기 반응기 내벽의 GaN을 상기 사파이어 기판 표면에 재증착시키며, 상기 GaN은 바람직하게는 비결정질 또는 다결정질 형태로 재증착된다.
- <28> 상기 질화물 반도체 제조방법은 상기 (라) 단계 이후에, 상기 질소화된 기판 표면에 질화물 반도체층을 성장시키는 단계를 더 포함한다.
- <29> 전술한 본 발명의 목적을 달성하기 위한 본 발명의 다른 특징에 따르면, MOCVD 반응기 내에서 질화물 반도체를 제조하는 방법이 제공된다. 상기 질화물 반도체 제조방법은
- <30> (가) 사파이어 기판을 상기 MOCVD 반응기 안에 장입하는 단계;
- <31> (나) 상기 사파이어 기판을 가열하고, 트리메틸 갈륨(TMG) 또는 트리에틸 갈륨(TEG)을 암모니아( $\text{NH}_3$ ) 및 식각 가스를 포함하는 혼합 가스에 실어 상기 MOCVD 반응기 안에 주입하는 단계; 및
- <32> (다)  $\text{NH}_3$  가스를 상기 MOCVD 반응기 안에 주입하는 단계를 포함한다.
- <33> 상기 질화물 반도체 제조방법에 있어서, 상기 (나) 단계는 상기 사파이어 표면을 불규칙하게 식각하고 질화갈륨(GaN)을 상기 사파이어 기판 표면에 증착시킨다.
- <34> 상기 질화물 반도체 제조방법은 상기 (다) 단계 이후에 상기 질소화된 기판 표면에 질화물 반도체층을 성장시키는 단계를 더 포함한다.

- <35>        전술한 질화물 반도체 제조방법들에 있어서, 상기 사파이어 기판 대신 탄화규소(SiC) 기판, 산화물 기판 및 탄화물 기판 중의 하나를 사용할 수 있다.
- <36>        전술한 질화물 반도체 제조방법들에 있어서, 상기  $\text{NH}_3$  대신 3차부틸아민( $\text{N}(\text{C}_4\text{H}_9)_3$ ), 페닐히드라진( $\text{C}_6\text{H}_8\text{N}_2$ ) 및 디메틸히드라진( $\text{C}_2\text{H}_8\text{N}_2$ ) 중의 적어도 하나를 사용할 수 있다.
- <37>        전술한 본 발명의 목적을 달성하기 위한 본 발명의 또 다른 특징에 따르면, MOCVD에 의해 형성한 질화물 반도체 구조가 제공된다. 상기 질화물 반도체 구조는 식각 가스에 의해 식각되고, 질화갈륨(GaN)이 증착되어, 질소화된 상부 표면을 갖는 사파이어 기판; 및 상기 사파이어 기판 위에 형성된 질화갈륨 반도체층을 포함한다.
- <38>        상기 질화물 반도체 구조에 있어서, 상기 사파이어 기판 대신 SiC 기판, 산화물 기판 및 탄화물 기판 중의 하나를 사용할 수 있다.
- <39>        본 발명은 MOCVD(Metal-Organic Chemical Vapor Deposition: 유기금속화학증착법) 반응기 내에서 질화물 반도체를 제조한다.
- <40>        먼저, 본 발명의 제1 실시예에 따른 질화물 반도체 제조방법을 도 1의 순서도를 참조하여 아래와 같이 설명한다.
- <41>        본 발명의 제1 실시예에 따르면, 종래기술과 달리, 1단계(S101)에서 MOCVD 반응기 내벽에 질화갈륨(GaN)을 증착시키고, 2단계(S102)에서 사파이어( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 기판을 상기 MOCVD 반응기 안에 장입한다.

- <42> 이때, 상기 1단계(S101)에서는, 갈륨(Ga)은 트리메틸 갈륨(TMГ) 또는 트리에틸 갈륨(TEG) 형태로 암모니아( $\text{NH}_3$ )를 포함하는 가스에 실어 MOCVD 반응기 안으로 주입함으로써, MOCVD 반응기 내벽에 GaN를 증착시킨다.
- <43> 3단계(S103)에서, 상기 사파이어 기판을 가열하고 염화수소(HCl) 등의 식각 가스를 상기 MOCVD 반응기 안에 주입한다. 이렇게 하면, HCl가 상기 사파이어 표면을 불규칙하게 식각하면서 MOCVD 반응기 내벽에 증착된 GaN을 식각하며, 식각된 GaN는 반응기 내벽으로부터 박리되어 상기 식각된 사파이어 기판 표면에 재증착하게 된다. 즉 사파이어 표면이 식각과 GaN 증착에 의해 표면 처리 또는 표면 개질된다. 이때, 재증착된 GaN는 비결정질 또는 다결정질 구조를 갖고 있으며 이후에 성장되는 GaN 반도체층에 젖는 능력 즉 결함성(wettability)이 뛰어나기 때문에, GaN 반도체층과 하부의 사파이어 기판 사이에서 버퍼 기능을 효과적으로 수행할 수 있다.
- <44> 다음 4단계(S104)에서는 암모니아( $\text{NH}_3$ ) 가스를 상기 MOCVD 반응기 안에 주입하여, 선행하는 3단계(S103)에서 얻은 사파이어 기판 표면을 질소화 처리한다. 이 단계(S104)에서,  $\text{NH}_3$ 를 3차부틸아민( $\text{N}(\text{C}_4\text{H}_9)_3$ ), 페닐히드라진( $\text{C}_6\text{H}_5\text{NHNH}_2$ ) 및 디메틸히드라진( $\text{C}_2\text{H}_5\text{NHNH}_2$ ) 중의 적어도 하나로 대체할 수 있다.
- <45> 그런 다음 5단계(S105)에서, 상기 질소화된 기판 표면에 질화물 반도체층을 성장시켜 원하는 본 발명의 질화물 반도체 구조를 얻게 된다.
- <46> 한편, 본 발명의 제1 실시예에 사용된 상기 사파이어 기판 대신 탄화규소(SiC) 기판, 산화물 기판 및 질화물 기판 중의 하나를 사용할 수 있다.

- <47> 이와 같은 본 발명 제1 실시예를 실제 MOCVD 작업에 응용하면 다음과 같은 장점이 있다. 통상, 질화물 반도체 제조 작업을 수행하면 MOCVD 반응기의 내벽에 GaN가 증착된다. 따라서, 선행 질화물 반도체 제조 작업을 수행한 MOCVD 반응기를 세정하지 않고, 그 내벽에 증착된 GaN를 소스로 이용하여 사파이어 기판의 표면 개질을 수행할 수 있다. 즉 기존 작업에서 잔류하는 GaN를 활용하여 GaN 증착 단계를 대체할 수 있다.
- <48> 이하 본 발명의 제2 실시예에 따른 질화물 반도체 제조방법을 도 2의 순서도를 참조하여 아래와 같이 설명한다.
- <49> 본 발명의 제2 실시예에 따르면, 1단계(S201)로 사파이어 기판을 상기 MOCVD 반응기 안에 장입한다.
- <50> 이어, 종래기술과 달리, 2단계(S202)로 상기 MOCVD 반응기 안에 장입된 상기 사파이어 기판을 가열하고, 트리메틸 갈륨(TMG) 또는 트리에틸 갈륨(TEG)을 암모니아( $\text{NH}_3$ ) 및 염화수소(HCl) 등의 식각 가스를 포함하는 혼합 가스에 실어 상기 MOCVD 반응기 안에 주입한다.
- <51> 이렇게 하면, HCl가 상기 사파이어 표면을 불규칙하게 식각하는 한편 질화갈륨(GaN)이 상기 식각된 사파이어 기판 표면에 증착된다. 즉 사파이어 표면이 식각과 GaN 증착에 의해 표면 처리 또는 표면 개질된다. 이때, 상기 GaN 증착물 또는 증착층은 이후에 성장되는 GaN 반도체층과의 결합성이 뛰어나기 때문에, GaN 반도체층과 하부의 사파이어 기판 사이에서 버퍼 기능을 효과적으로 수행할 수 있다.
- <52> 그런 다음 3단계(S203)로,  $\text{NH}_3$  가스를 상기 MOCVD 반응기 안에 주입하여 사파이어 기판 표면을 질소화 처리한다. 이때 상기  $\text{NH}_3$  가스 대신 3차부틸아민( $\text{N}(\text{C}_4\text{H}_9)_3$ ), 페닐히드라진( $\text{C}_6$

$H_8N_2$ ) 및 디메틸히드라진( $C_2H_8N_2$ ) 중의 적어도 하나를 MOCVD 반응기 안에 주입하여도 무방하다.

<53> 한편, 본 발명의 제2 실시예에 사용된 상기 사파이어 기판 대신 SiC 기판, 산화물 기판 및 탄화물 기판 중의 하나를 사용할 수 있다.

<54> 이하 기술한 본 발명의 질화물 반도체 제조방법에 따라 얻어진 질화물 반도체 구조를 도 3 내지 6을 참조하여 설명한다.

<55> 먼저, 도 3은 기술한 제조 방법에 따라 사파이어 기판(12)의 표면이 HCl로 식각되고 경계층(14)이 GaN가 증착되고 질소화한 상태를 보여준다.

<56> 이와 같은 도 3의 사파이어 기판(12)의 표면 상태는 도 4에 AFM 사진으로 더 상세히 도시된다. 도 4에서와 같이, 기판(12)의 표면이 식각되어 다수의 기둥(pillar) 형태의 돌기를 형성하고 이 표면에 GaN가 증착된다.

<57> 후속 공정을 통해 이와 같은 사파이어 기판(14) 위에 GaN 반도체층(16)을 성장시켜 본 발명의 질화물 반도체 구조(10)를 얻게 된다.

<58> 한편, 도 6은 대한민국공개특허공보 특2000-0055374호에 개시된 종래기술에 따라 얻어진 사파이어 기판의 표면 상태를 보여주는 단면도이다.

<59> 종래기술의 사파이어 기판(102)은 그 상면이 1차 질소화되고,  $NH_3$ 와 HCl의 혼합 가스로 표면 처리된 다음, 다시 2차 질소화되어 AlN과 같은 경계층(104)이 형성되어 있다. 이를 좀더 상세히 설명하면, 경계층(104)은 기판(102)의 표면이 먼저 1차 질소화되어 얇으나마 AlN층이 그 표면에 형성되고, HCl에 의해 식각되며, 다시 2차 질소화되어 형성된다.



<60> 그에 반해, 본 발명에 따른 경계층(14)은, 기판(12)의 표면에 어떠한 전처리도 하지 않고, HCl과 NH<sub>3</sub>를 주입하면서 MOCVD 반응기를 동작시키면 그 내벽에 증착되어 있던 GaN가 박리되어 기판(12)의 상면에 재증착되어 형성된다(제1 실시예). 또는, Ga를 TMG 또는 TEG 형태로 NH<sub>3</sub>와 HCl의 혼합 가스에 실어 주입하면서 MOCVD 반응기를 동작시키면 GaN가 기판(12)의 상면에 증착되어 형성된다(제2 실시예).

<61> 따라서, 본 발명의 경계층(14)은 종래기술과 달리 GaN가 증착되어 형성되므로, 후속 단계에서 그 상부에 GaN 반도체층을 성장시키기에 유리한 것을 알 수 있다.

<62> 또한 본 발명은 MOCVD를 이용하여 비교적 고온에서 GaN를 증착하므로 GaN를 증착한 다음 사파이어 기판을 꺼낼 필요없이 하나의 장치 내에서 전체 공정을 수행할 수 있다.

<63> 본 발명의 제1 실시예에 따라 사파이어 기판을 표면 처리하고 그 결정성 분석결과(X-ray diffraction data)를 종래기술에 따른 결정성 분석결과와 함께 아래의 표 1에 기록하였다.

<64> 【표 1】

기판 표면의 결정성 분석결과 (단위: arcsec)

구분	(002) XRD FWHM	(102) XRD FWHM
발명예	432	540
비교예 1	1266	1857
비교예 2	1112	1850
비교예 3	966	1217

- <65> 상기 분석결과는 (002) 방향과 (102) 방향에서의 반치폭(Full Width at Half Maximum: FWHM)의 크기로 그 특성을 비교한 것이다.
- <66> 한편 발명례는 제1 실시예에 따라, HCl을 이용한 식각과 동시에  $\text{NH}_3$ 의 질소화 및 GaN의 증착에 의해 경계층을 형성한 것이다. 한편, 비교예 1은 질소화 이후 HCl로 식각한 결과이고, 비교예 2는 질소화만 한 결과이며, 비교예 3은 1차 질소화, 식각 및 2차 질소화를 수행한 결과이다.
- <67> 표 1에서 알 수 있는 바와 같이, 본 발명에 따른 공정을 실시하였을 때 XRD FWHM이 가장 작아서 좋은 결정성을 갖는 것을 확인하였다.
- <68> 이와 같은 결정성은 도 7 내지 9를 참조하여 확인할 수 있다. 이들 도면에서 도 7은 본 발명에 따라 사파이어 기판을 표면 개질한 질화물 반도체 구조의 사진으로, 도시된 바와 같이 거울면(mirror surface)이 형성되었으며, 투명하기 때문에 뒷면에 있는 흑색 부분이 가운데 원 안에 보이는 것을 알 수 있다. 한편, 도 8은 종래기술에 따라 사파이어 기판에 질소화만 수행하고 곧바로 GaN 반도체층을 성장시킨 질화물 반도체 구조로 뿌옇게 되어 투명도가 불량한 것을 알 수 있다. 또한, 도 9는 사파이어 기판에 HCl로 식각을 수행한 후 GaN 반도체층을 성장시킨 것으로, 이 경우에도 역시 뿌옇게 되어 투명도가 불량하다.

#### 【발명의 효과】

- <69> 전술한 바와 같은 본 발명에 따르면, 저온 버퍼층을 형성하지 않고도 MOCVD를 이용하여 사파이어 기판을 표면 개질하고 그 위에 질화물 반도체층을 성장시킴으로써 우수한 질화물 반

도체 구조를 얻을 수 있다. 이때, 사파이어 기판의 상면은 식각되면서 GaN가 증착되기 때문에 이 상부에 GaN 반도체층이 효과적으로 성장할 수 있다.

<70> 또한, 선행 단계에서 MOCVD 반응기 내벽에 증착된 GaN를 소스로 사용할 수 있기 때문에, 공정단계를 줄이는 것과 동일한 효과를 얻을 수 있으며, 공정 단축에 따라 원료 및 비용을 절감할 수 있다.

<71> 또한, 하나의 MOCVD 반응기 내에서 전체 공정을 수행할 수 있는 장점이 있다.

<72> 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예들을 참조하여 설명하였지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 하기의 특허 청구의 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

【특허청구범위】

【청구항 1】

MOCVD(Metal-Organic Chemical Vapor Deposition: 유기금속화학증착) 반응기 내에서 질화물 반도체를 제조하는 방법에 있어서,

(가) 상기 MOCVD 반응기 내벽에 질화갈륨(GaN)을 증착시키는 단계;

(나) 사파이어 기판을 상기 MOCVD 반응기 안에 장입하는 단계;

(다) 상기 사파이어 기판을 가열하고 식각 가스를 상기 MOCVD 반응기 안에 주입하는 단계; 및

(라) 암모니아( $\text{NH}_3$ ) 가스를 상기 MOCVD 반응기 안에 주입하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 질화물 반도체 제조방법.

【청구항 2】

제1항에 있어서, 상기 (다) 단계는 상기 사파이어 표면을 불규칙하게 식각하고 상기 반응기 내벽의 GaN을 상기 사파이어 기판 표면에 재증착시키는 것을 특징으로 하는 질화물 반도체 제조방법.

【청구항 3】

제2항에 있어서, 상기 GaN는 비결정질 또는 다결정질 형태로 재증착되는 것을 특징으로 하는 질화물 반도체 제조방법.

【청구항 4】

제1항에 있어서, 상기 (라) 단계 이후에, 상기 질소화된 기판 표면에 질화물 반도체층을 성장시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 질화물 반도체 제조방법.

【청구항 5】

제1항에 있어서, 상기 사파이어 기판을 탄화규소(SiC) 기판, 산화물 기판 및 탄화물 기판 중의 하나로 대체하는 것을 특징으로 하는 질화물 반도체 제조방법.

【청구항 6】

제1항에 있어서, 상기  $\text{NH}_3$ 를 3차부틸아민( $\text{N}(\text{C}_4\text{H}_9)_3$ ), 페닐히드라진( $\text{C}_6\text{H}_5\text{NHNH}_2$ ) 및 디메틸히드라진( $\text{C}_2\text{H}_8\text{N}_2$ ) 중의 적어도 하나로 대체하는 것을 특징으로 하는 질화물 반도체 제조방법.

【청구항 7】

MOCVD(Metal-Organic Chemical Vapor Deposition: 유기금속화학증착) 반응기 내에서 질화물 반도체를 제조하는 방법에 있어서,

(가) 사파이어 기판을 상기 MOCVD 반응기 안에 장입하는 단계;

(나) 상기 사파이어 기판을 가열하고, 트리메틸 갈륨(TMG) 또는 트리에틸 갈륨(TEG)을 암모니아( $\text{NH}_3$ ) 및 식각 가스를 포함하는 혼합 가스에 실어 상기 MOCVD 반응기 안에 주입하는 단계; 및

(다)  $\text{NH}_3$  가스를 상기 MOCVD 반응기 안에 주입하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 질화물 반도체 제조방법.

【청구항 8】

제7항에 있어서, 상기 (나) 단계는 상기 사파이어 표면을 불규칙하게 식각하고 질화갈륨 ( $\text{GaN}$ )을 상기 사파이어 기판 표면에 증착시키는 것을 특징으로 하는 질화물 반도체 제조방법.

【청구항 9】

제7항에 있어서, 상기 (다) 단계 이후에 상기 질소화된 기판 표면에 질화물 반도체층을 성장시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 질화물 반도체 제조방법.

【청구항 10】

제7항에 있어서, 상기  $\text{NH}_3$ 를 3차부틸아민( $\text{N}(\text{C}_4\text{H}_9)_3$ ), 페닐히드라진( $\text{C}_6\text{H}_5\text{NHNH}_2$ ) 및 디메틸히드라진( $\text{C}_2\text{H}_8\text{N}_2$ ) 중의 적어도 하나로 대체하는 것을 특징으로 하는 질화물 반도체 제조방법.

【청구항 11】

제7항에 있어서, 상기 사파이어 기판을 탄화규소( $\text{SiC}$ ) 기판, 산화물 기판 및 탄화물 기판 중의 하나로 대체하는 것을 특징으로 하는 질화물 반도체 제조방법.

【청구항 12】

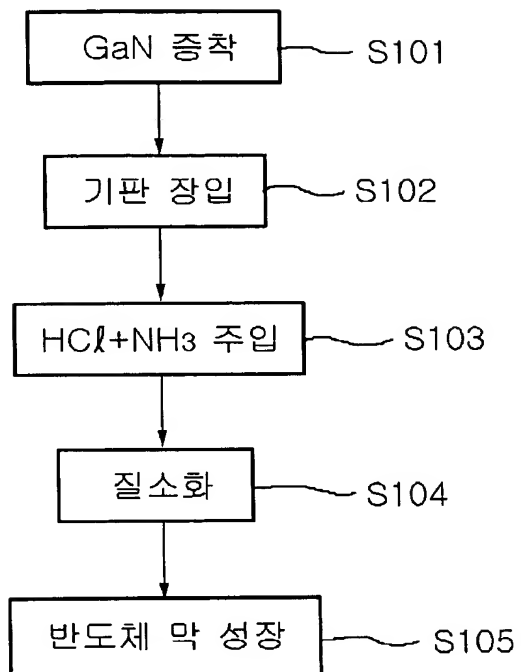
MOCVD(Metal-Organic Chemical Vapor Deposition: 유기금속화학증착)에 의해 형성한 질화물 반도체 구조에 있어서,  
식각 가스에 의해 식각되고, 질화갈륨(GaN)이 증착되어, 질소화된 상부 표면을 갖는 사파이어 기판; 및  
상기 사파이어 기판 위에 형성된 질화갈륨 반도체층을 포함하는 것을 특징으로 하는 질화물 반도체 구조.

【청구항 13】

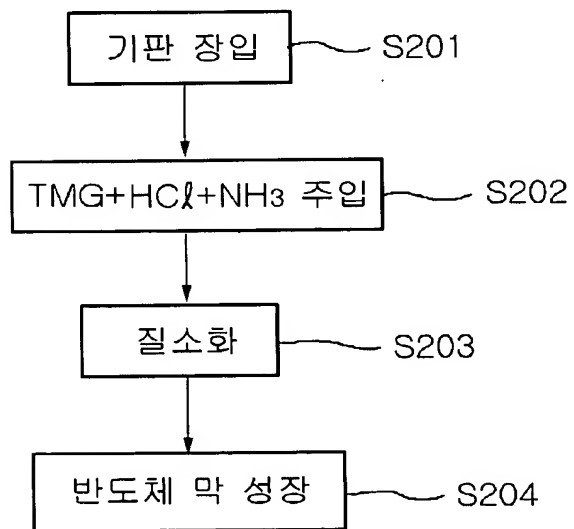
제12항에 있어서, 상기 사파이어 기판은 탄화규소(SiC) 기판, 산화물 기판 및 탄화물 기판 중의 하나로 대체되는 것을 특징으로 하는 질화물 반도체 구조.

## 【도면】

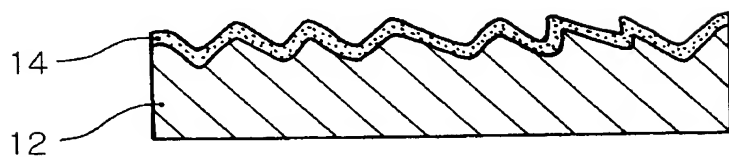
【도 1】



【도 2】

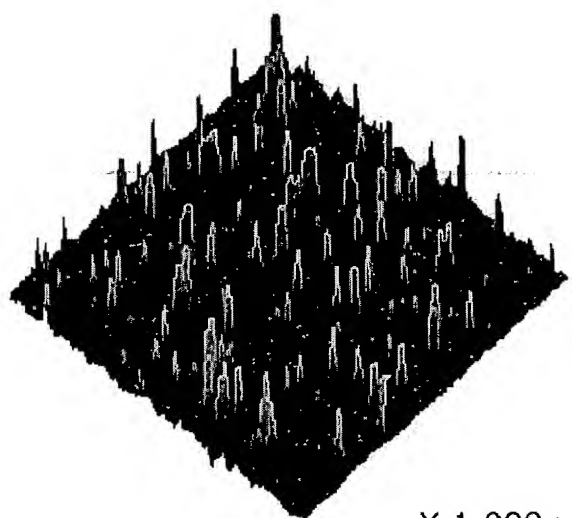


【도 3】



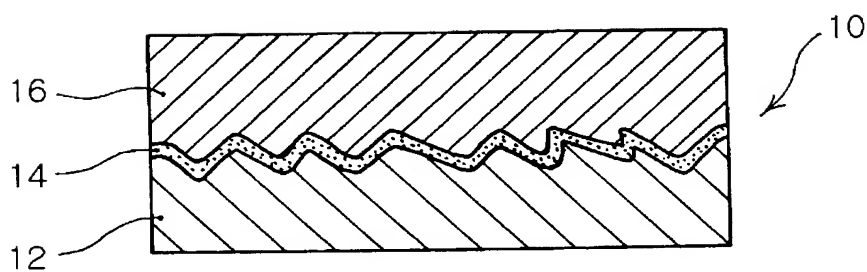


【도 4】

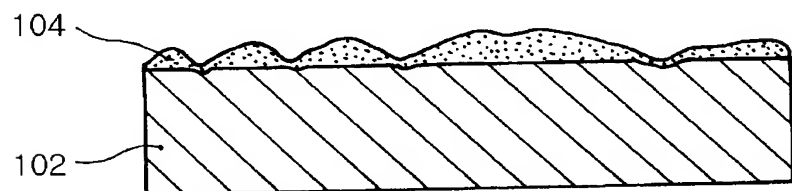


X 1.000nm /div  
Z 20.000nm /div

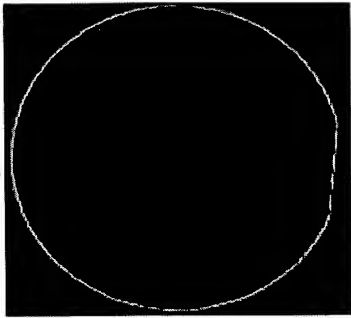
【도 5】



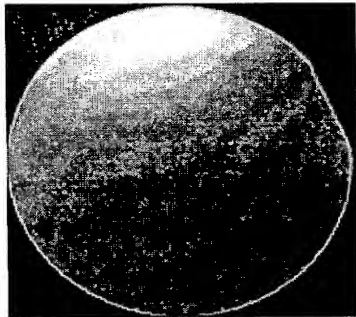
【도 6】



【도 7】



【도 8】



【도 9】

